

明 細 書

分光光度計

技術分野

- [0001] 本発明は、光照射手段からの照射光のうち、被測定物を透過してプリズムや回折格子等の分光器により分光され入射してきた光を波長毎に受光し、電荷量に変換して蓄積するための電荷蓄積型受光素子群から得られる電荷量に基づいて被測定物の内部性状を計測するための分光光度計に関する。

背景技術

- [0002] 第1として、例えば被測定物の内部性状を前分光型の分光光度計を用いて分析する方式を説明すれば、まず、光源の光を回折格子等により単色光に分光し、ハーフミラー等により被測定物とリファレンスに同時に照射する。そして、その反射光あるいは透過光をそれぞれ受光素子で受け、その受けた受光素子の信号を各々対数増幅し、それら出力を差動増幅することにより、吸光度(OD)を得る、つまり対数変換されたアナログ量をA/D変換してスペクトルデータを得ている。

第2として、実用的に多く使用されているオンライン型の分光光度計を説明すれば、青果物等の被測定物の種類や大きさ、熟度、表皮、密度等により大きく透過光量が異なるため、搬送される被測定物の大きさに応じて露光時間、あるいは電荷蓄積型ラインセンサー等の駆動クロックの周波数を調整したり、予め透過光量が最大の被測定物が通過しても飽和しないように増幅部回路のゲインを設定したりしている。例えば被測定物の種類が変わる等により検量線等を変更する場合、被測定物の種類の変更と同時にゲインを設定し、同サイズの被測定物を測定している間は、全て設定された所定(一定)のゲインで出力されたアナログ量をA/D変換することにより、スペクトルデータを得ている。

- [0003] 上記分光光度計においてログアンプの使用を考えると次の問題が発生する。

(イ) 受光素子群を駆動するときの画素単位の零点補正回路はログアンプの前段に挿入することになり、ログアンプを含めたセンサー増幅回路系全ての雑音のキャンセルは難しくなる。

(ロ)

(I) $(OD) = \text{LOG}(\text{ターゲット}) - \log(\text{リファレンス})$

(II) 完全遮光時におけるオフセットの減算

とすると、(I)、(II)は同時に取り込むことができない要素であるから、アナログ信号上での演算が出来ない。そのため、量子化(A/D変換)し、デジタル上でアンチログ演算してターゲット-オフセットといった減算をすることになり、煩雑であり当然精度は劣化する。

(ハ)ログアンプによるアナログ信号の量子化において、対数増幅で信号の低レベル領域は拡大されるが、高レベル領域の圧縮化の為、高レベル領域の情報量は鈍化し精度の劣化を招くことになる。

(1)被測定物のサイズに応じて露光時間を調整する方法に対しては、透過光量はサイズだけではなく、特に青果物によっては同種類でも表皮の厚さ密度、熟度(内部性状)等により大きく変化することがあり、また搬送ラインの受光構造等により露光時間を一定にしなくてはならないといった制約があるなどして到底最適なレベルのスペクトルデータを得ることは出来ない。

(2)オフセットデータを減じる時の問題がある。つまり、ターゲットやリファレンスからオフセットを減じるにはデータをそれぞれアンチログして減じなければならない。ターゲットデータやリファレンスデータ及びオフセットデータのアンチログ化の煩雑さがあるだけでなく、特にオンラインでは受光センサーの暗電流等による電氣的オフセット、又搬送ラインの構造によってはその数倍に及ぶ光の回り込みが生じ、それを精度よくキャンセルしなければならない。

(3)センサー増幅回路系を含む雑音のキャンセルの問題がある。つまり、対数増幅された信号ではアンチログに要する時間、精度等を勘案すると、増幅系の $1/f$ 雑音に準ずるノイズ、あるいは商用電源周波数成分のノイズ等をキャンセルすることは難しい。例えばラインセンサーの画素に蓄積された電荷を順次読み込む直前に、全ての増幅系のオフセット(ノイズを含む)を高速、かつ、精度よくアナログレベルにおいて順次0サンプルすることは非常に難しい。

[0004] 分光光度計における青果物の糖、酸等の内部性状を計測する場合、A/D変換器

により量子化(デジタル化)された各データをデジタル演算することで、直接内部性状を算出することはできない。この場合はまず完全遮光での暗電流波長データを被測定物データ、及びリファレンスデータより差し引き、正規化等して、その対数の比をとったものに、二次微分等の演算処理を行うことによりオフセット、及び勾配等をキャンセルして、吸光度特性($OD(\lambda)$)上における周辺波長との差分を得る。

この差分から、重回帰、 $P \cdot L \cdot S$ 等による統計処理等により内部性状を算出しているのである。よって次の問題が大きく精度に関与する。

例えば温州ミカンの場合、40mmから100mm程度の大きさの差と個々の密度、表皮等の違いにより、その透過光量には一般に60倍程度の幅差があり、これらのミカンがランダムにコンベア上を移動するのである。従来型の分光光度計の場合は、透過光量が最大となるミカンのスペクトルデータの透過光量最大点にて、増幅器の出力が飽和せず、かつA/D変換器の最大レベル近くになるように増幅器のゲインを予め設定することになる。当然、透過光量が最小のミカンのスペクトルデータは、透過光量が最大のミカンの $1/60$ の透過光量値になり、十分な測定精度を得られなくなる。上記したように、差分から、統計処理等により青果物等の内部性状を計測する場合、このような測定精度の劣化を一般には見落とすことが多い。特に量子化を行うときの測定精度の劣化について、次に具体的に説明する。

[0005] 図4に、ゲインが一定で、大きさや表皮の厚さ等の違いにより透過光量が $1 \sim 1/60$ 倍異なる蜜柑(被測定物)の波長特性を示している。一番上に実線で描いた波形3Aは透過光量が1倍の場合で、上から2番目に1点鎖線で描いた波形3Bは透過光量が $1/10$ 倍の場合、さらに上から3番目に破線で描いた波形3Cは透過光量が $1/60$ 倍の場合である。例として、被計測物が同種類で同じ型の透過光量特性を持ち、大きさ等の違いにより透過光量が例えば10倍異なる2個の被測定物を計測する場合、分解能が12BIT(0～4095)のA/D変換器を使用すると、仮に蜜柑のスペクトルデータ上の920nm近傍のところに糖に反映した $0 \sim \pm 10$ の値の振幅をもつ波が重畳されていたとして、波形3Aが示す透過光量の多い蜜柑においてはA/D変換値は1000であり、前記振幅を重畳すると1010～990の値を示す。

次に、波形3Bが示す透過光量の少ない蜜柑の、同じく920nm近傍のA/D変換

値はその1/10であり、A/D変換値は101〜99を示すことになるので、重畳されていた10未満の振幅のもつ波はA/D変換器の最小分解能を下回り、消滅する。

当然透過光量が1〜60倍異なる被測定物において、その吸光度特性をn次微分等により重回帰、P・L・S等の解析処理をした場合、その測定精度は大きく劣化する。

例えば高分解能のA/D変換器を使用したとしても、相応に情報量の劣化は存在する。量子化を行う時には上記のような情報量の劣化に対し、特に注意しなければならない事である。

- [0006] 上記は一定のゲインを予め設定した場合についての例を示したが、試料側光路に試料信号を検出する第1検出器とこの第1検出器からの出力信号を増幅する増幅器、及び対照側光路に対照信号を検出する第2検出器とこの第2検出器からの出力信号を増幅する増幅器をそれぞれ設け、それら2つの増幅器の増幅度(ゲイン)を独立に設定する手段を備えた分光光度計が提案されている(例えば、特許文献1参照。)
- 。

- [0007] 特許文献1:特開平8-101121号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0008] 特許文献1は光源からの光を分光器で分光した後、試料に照射し、検出器で検出している。従って試料の波長特性を得るには、分光器に用いるグレーティング等の分散素子を回転すること等により、波長スキャンを行わなければならない、波長特性を迅速に得ることができない。この課題を解決するため、本発明では光源からの光を試料に照射し、その透過光を分光器で分光し、分光された各波長成分の光が到達する位置に受光素子を並べた形状よりなる受光素子群を用いて波長スキャン無しに試料の波長特性を得ている。

また本発明では受光素子群として小型かつ安価な電荷集積型受光素子群を用い、試料を透過してくる微弱な光(僅かな光量)を電荷蓄積による積分効果を生かして検出し、高いS/N比にて試料の波長特性を得ている。更に本発明ではA/D変換器の直前に設けた零点補償回路により、アナログ回路でのノイズ軽減を行い、適切なアナログレベルにてA/D変換を行うことにより、更なるS/N比の向上を計っている。

次に特許文献1では増幅器の増幅度を決定する際、予め低レベル閾値と高レベル閾値を設定し、測光時には測光値が低レベル閾値と高レベル閾値の間に入るように増幅器のゲインを定める。従って連続的に変化する波長特性に対し、最適なゲインを設定するとすれば、その値は波長の変化に伴い連続的な値になるべきであるが、特許文献1に述べられた方法では不連続な値しか得られない。

この課題を解決するため、本発明ではサンプル受光部とメイン受光部を設け、サンプル受光部からのアナログ信号と予め求めた基準値とを比較し、その演算結果に基づいて可変ゲイン型指数増幅回路のゲインを設定し、A/D変換器の値を仮数部、可変ゲイン型指数増幅回路の増幅度(ゲイン)を底、設定値を指数部とし、透過光量を仮数部×指数部で表しており、ゲインは可変ゲイン型指数増幅回路のデジタル分解能の範囲内で連続的な最適値を設定することができる。

[0009] 本発明が前述の状況に鑑み、解決しようとするところは、近赤外光等によるオンライン型の青果物等の非破壊検査において、同種類でも青果物の密度の違い、表皮の厚みの違い、大きさの違い等により透過光量が大きく異なる被測定物に対し、データレベルが飽和する、もしくは小さすぎるといったことがなく、搬送速度の変化にも対応でき、高処理量、かつ、高精度で安定した計測が行える分光光度計を提供する点にある。

課題を解決するための手段

[0010] 今や演算プロセッサ内蔵のCPUが常識となり、高クロック、大容量化によりコンピュータ処理が非常に高速化している。従って、その使用方法、すなわちデジタル系、アナログ系との分担及びそのマッチングを如何にするかで機器の性能とコストが大きく左右される。

研究室サイドの汎用型分光光度計とは違って産業用では被測定物の波長特性の主たるパターン、例えば透過光量の最大から最小の値、大きさや糖に相関の高い波長等は既知であり予測できる。従って、波長特性の必要な補正関数、定数等パラメータレベルで用意でき、増幅回路におけるゲインの可変範囲等を設計の段階で予め定めることができる。

このようにして、ハード系の精度に対し遙かに精度の高いデジタル演算の浮動小数

点演算処理を有効に取り入れる等、合理的な分光光度計のシステム構成をすることにより、アナログ系で低ノイズ化を行い、アナログ回路の分解能をデジタル上で最大限に表現し、自動感度調節(オートゲイン)機能を持つことによって、高分解能、高ダイナミックレンジ、低コストの分光光度計を提供することができるのである。以下にその説明をすると、

本発明の分光光度計は、前述の課題解決のために、光を照射する光照射手段と、この光照射手段からの照射光のうち、被測定物を透過して回析格子等の分光器により分光され入射してきた光を波長毎に受光し、電荷量に変換して蓄積するための電荷蓄積型受光素子群を有するメイン受光部と、前記分光され入射してきた光を電荷量として蓄積し、特定の波長、又は特定の波長域の電荷を読み出すためのサンプル用受光部と、前記メイン受光部及びサンプル用受光部の前置増幅器及び駆動回路と、デジタル指令によりゲインの可変が可能な可変ゲイン型増幅回路と、前記メイン受光部及びサンプル用受光部の画素に蓄積された電荷を順次読み込む直前で全ての増幅系の零点を順次取るためにアナログ回路部の少なくとも最終段付近に設けた零点補償回路と、この零点補償回路からのアナログ電圧をデジタル値に変換するためのA/D変換器を備え、計測時において前記メイン受光部及びサンプル用受光部に蓄積された電荷を読むに当たって、まず前記サンプル用受光部からのアナログ電圧を、特定の波長又は特定波長域における波長特性の最大点が飽和しないことが明らかな低いゲインに設定された前記可変ゲイン型増幅回路にて増幅し、その増幅されたアナログ電圧を、前記零点補償回路を経たのち前記A/D変換器にてA/D変換し、そのデジタル変換されたデジタル値と前記メイン受光部から読み込んで最終的に得られ、かつ、必要となる波長又は波長域における波長特性の最大点が飽和することがなく、更に、デジタル値の有効桁数を減じないような最適値となるように予め定めた基準値とをデジタル比較演算するデジタル比較演算手段、及び当該デジタル比較演算を行うに際し、予め用意した青果物等の被測定物の吸光度特性を補正する画素単位補正関数を含めた演算処理を行う手段と、このデジタル比較演算手段からの演算結果に基づいて前記可変ゲイン型増幅回路のゲインを設定するゲイン設定手段と、前記メイン受光部に蓄積された電荷群を、画素単位で順次、前記前置増

幅器及び駆動回路、前記可変ゲイン型増幅回路、前記零点補償回路、前記A/D変換器を経てデジタルデータとして読み出して波長特性を得るためのデジタルデータ読み取り手段を備えている。

上記のようにサンプル用受光部及びメイン受光部に蓄積された電荷を順次読み込む直前で全ての増幅系の零点補正を行うことにより、画素単位のノイズ軽減を行い、被測定物の透過光量特性の低レベル部の感度をアナログ系で上げることにより、ログアンプを使用することなく、その長所を持ち欠点を補い、それを大きく上回る性能を持つ自動感度調節(オートゲイン)機能を有する分光光度計を得ることができる。

- [0011] 前記サンプル用受光部として、回折格子の特定次光域に入光窓を被測定物の透過光量特性の最大値付近の特定波長が入光するように配置し、電荷蓄積型受光素子群の読み始めの画素位置付近にオプティカルファイバーで光を導く手段、又は回折格子の特定次光域の入光窓の位置にホトダイオード又はホトダイオードアレイを設置している。

一般に青果物等においては水分による光の吸収が最も少ない特定波長、つまり被測定物の透過光量特性の最大値付近の波長が波形の最大値を示し、この点が予め定めた値に近似するように可変ゲイン増幅器のゲインをセットすれば、被計測物の大小に係わらず信号レベルが低すぎたり、飽和したりすることが無く最良のレベルで得ることができるのである。

- [0012] 前記(デジタル設定)可変ゲイン型増幅回路に指数型(増幅回路)を用い、前記A/D変換器の値を仮数部とし、前記(デジタル設定)可変ゲイン型指数増幅回路の設定値を指数部(その回路の増幅度を底、その指数を設定値)として、透過光量を仮数部×指数部で表している。

一般に、被測定物の透過光量によるアナログ信号を量子化するには、その信号を単に必要なレベルにするための増幅器とA/D変換器が用いられ、入力レベルをA/D変換器の値である仮数部のみで表現していることになる。

これに対して、仮数部(A/D変換器部)と指数部(可変ゲイン型指数増幅回路部)に分け、透過光量を仮数部×指数部で表す。

即ち、従来型は透過光量(I_t)に対し、測定値(A)は

$A = I_t \times G$ で表される。

本発明では、増幅度を G_M^x で与え、 $A = I_t \times G_M^x$

ここでA/D変換値(A)、可変ゲイン型指数増幅回路部の最大ゲインを(G_M)、デジタル分解能を(N_m)、

設定値(N)とすると、 $x = N / N_m$

透過光量(I_t)は

$$I_t = A \times G_M^{-(N/N_m)} \dots \dots \text{式(1)}$$

で表される。但し、 $N = 0, 1 \dots \dots N_m$

この発明は、被測定物の透過光量等の違いによる仮数部(A/D変換器)の値(A)を常に十分な有効桁数(適正な値)、つまり計測可能な有効桁数に確保するべく、サンプル用受光部の値と基準値との比較により指数部の指数(N)を設定するのである。

またこのとき、指数部の底(G_M)は可変ゲイン型指数増幅回路の最大ゲインであり、仮数部の偏差は指数部の分解能(N_m)で決まり、ダイナミックレンジは($A \times G_M$)となる。

たとえば、可変ゲイン型指数増幅回路の最大ゲイン($G_M = 100$ 倍)、そのデジタル分解能($N_m = 8$)ビット、さらにA/D変換器($A = 12$)ビットを使用したとしても、 $4095 \times 100 = 409500$ のダイナミックレンジと

$12 + 8 = 20$ ビットの分解能をもつ高水準の分光光度計が出来るのである。

以上から上記の方式により、アナログ系の分解能、ダイナミックレンジに対し、遥かに精度の高い、デジタル演算の指数演算等で用いられる浮動小数点演算処理を有効に取り入れることにより、アナログ系の分解能を最大限に表現し、受光素子のダイナミックレンジとS/N比を限界まで引き出すことが出来る。

- [0013] 前記メイン受光部の読み込み中に、前記サンプル用受光部より得られた値と基準値の比較演算を行うに際し、画素単位補正関数を含めた演算処理を行い、全ての画素の読み込みに対し逐次前記可変ゲイン型指数増幅回路に任意の係数等を与えることによりゲイン設定を行うことを特徴としている。

光源からの光の強度を $I_o(\lambda)$ 、被測定物を透過した光の強度を $I_t(\lambda)$ とすると、

$I_t(\lambda) = I_o(\lambda) \exp\{-dc \epsilon(\lambda)\}$ …式2となり、

吸光度は、 $\log\{I_t(\lambda)/I_o(\lambda)\} = -dc \epsilon(\lambda)$ …式3になる。

但し、 d =光路長、 c =濃度、 ϵ =特定波長の吸収の強さ(モル吸収係数)、 λ =波長とする。このように媒体を光が透過すると、その強度は指数関数的に減衰する。この吸光度特性を n 次微分等してその変位量から重回帰、 $P \cdot L \cdot S$ 等によって糖度、酸度等を算出する為の信号処理と演算方法を説明する。

今、分光光度計から得られる吸光度は波長 λ に対応した画素のレベルであり、画素を p とすると、

$\log A/B = -dc \epsilon(p)$ …式4で表される。

但し、

$A = Q[Ga \cdot Gk(p)[I_t(p) - Id(p)]]$ 、

$B = Q[Gb \cdot Gk(p)[I_r(p) - Id(p)]]$ 、 $p = 0, 1 \cdots n$ となり、

$A, B = Q[x]$ は、量子化関数を示し、 x をデジタル化することを表す。

$I_t(p)$:ターゲットで、光源が被測定物を透過して得られた吸収波形であり、搬送機構によっては回り込み光も多く含んでいる。

$I_r(p)$:リファレンスで、 $I_o(p)$ に相当し、 $I_t(p)$ に比べ 10^5 倍はあり、波長特性がフラットなNDフィルター等を用い、 I_t レベルに減衰し、リファレンスとして光源の経時変移及び分光光度計系全ての固有波長特性を表している。

$Id(p)$:オフセットで、光が零である状態のセンサーの暗電流を含む全ての信号増幅系の値をオフセット値として $I_t(p)$ 、 $I_r(p)$ の基底をなしている。

Ga :オートゲイン係数で、サンプル受光部から得た一般に低いゲインで読まれた被測定物の透過光量による A/D 変換値と、メイン受光部で読み込まれる時の被測定物の波長特性の必要なポイント、例えば最大点が A/D 変換器の最大値近くになるために定めた基準レベルとをデジタル比較演算することにより Ga を得るのである。

Gb :ゲイン係数で、最適なリファレンスやオフセット値を得るための可変ゲイン型指数増幅回路にセットする係数である。

$Gk(p)$:画素単位補正関数で、例えば被測定物の波長特性に対応した低レベル領域のゲインを上げるため、即ち被測定物の波長特性の透過光量の最大点付近を1

とし、低い領域を増幅するために、予め定めたデータ群からなる係数による関数等を用意し、センサーの画素読み込みに際して、Gaと乗算した結果を可変ゲイン型指数増幅回路に順次セットするのである。

発明の効果

- [0014] 具体的には、透過光量が大きく異なる被測定物の計測において、先ずサンプル用受光部で例えば820nm付近の特定波長のレベルを計測し、A/D変換器により得られるデジタル値が、計測するのに必要とされる十分な有効桁数を確保するように定めた基準レベルとの比較演算を行って可変ゲイン型増幅回路のゲインを設定し、メイン受光部の電荷を読み込むにあたり、読み込む直前で逐次全ての増幅系の零点補正を行うことによりアナログ回路でのノイズ軽減を行い、適切なアナログレベルにしてA/D変換を行うのである。

よって、スペクトルデータが飽和あるいは低過ぎるといったことがなく、搬送速度(とそれに対応した露光時間)の変化にも対応できる。高価で処理速度が遅く高分解能のA/D変換器や高価なログアンプを用いることなく、自動感度調節(オートゲイン)機能を持ち、高速、低ノイズで非常に大きなダイナミックレンジを持つ分光光度計を提供することが出来るのである。

- [0015] 可変ゲイン型増幅回路に指数型増幅回路を用い、前記A/D変換器の値を仮数部とし、前記可変ゲイン型指数増幅回路を指数部(その回路の最大ゲインを底、その指数を設定値)として、透過光量(スペクトルデータ)を仮数部×指数部で表すことによって、煩雑な演算により最適なゲインを求めることが不要であり、透過光量の違いによる仮数部の偏差が指数部の分解能で決まる。これによりA/D変換されたデータ群は常に安定した十分な有効数字、有効桁数を得られることになり、精度の良いデータを得ることができる。

- [0016] メイン受光部の読み込み中に、サンプル用受光部より得られた値と基準値の比較演算を行うに際し、画素単位補正関数を含めた演算処理を行い、全ての画素に対し可変ゲイン型指数増幅回路に前記演算結果を設定する。これにより、画素単位毎に最適なゲイン設定が行われ、波長領域全般に亘って精度の良いデータを得ることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]青果物の内部性状を測定する分光光度計の配置を示す平面図である。

[図2]分光光度計内部の具体構造を示す一部断面にした説明図である。

[図3]制御ブロック図である。

[図4]波長と透過光量の関係を示すグラフである。

[図5](a)はラインセンサーとサンプル用受光部を示す平面図、(b)はラインセンサーと別のサンプル用受光部を示す平面図である。

符号の説明

[0018] 3A, 3B, 3C 波長特性

4 光照射手段

5 青果物

6 集光レンズ

7 スリット

8 ハイカットフィルター

9 回折格子

10 ラインセンサー

11 オプティカルファイバー(光ファイバー)

11A 受光窓

11B サンプル用受光部(またはサンプル用受光窓)

12 受光部

13 投光部

14 ベルトコンベア

15 ロータリエンコーダ

16 ペルチェ素子

17 熱伝導板

18 電荷蓄積型受光素子群

19 前置増幅器及びセンサー駆動回路

20 コンベア速度青果物サイズ計測ユニット

- 21 切り替えユニット
- 22 センサー部温度調節部
- 23 温度センサー
- 24 可変ゲイン型指数増幅回路
- 25 零点補償回路
- 26 A/D変換器
- 27 コンピュータ
- 28 中央処理装置(CPU1、2)

発明を実施するための最良の形態

[0019] 図1及び図2に、被測定物としての青果物5の糖度や酸度等を測定するための分光光度計の具体的構成を示し、ハロゲンランプ等の光照射手段4から青果物5を透過した透過光Lや回り込みによる光L1等を受ける集光レンズ6と、この集光レンズ6を通過した光をスリット7、ハイカットフィルター8を通した後、分光させる回折格子9と、この回折格子9により分光された1次光 $\lambda 1$ (600nm)ー $\lambda 3$ (1100nm)を波長毎に受光し、電荷量に変換して蓄積するための電荷蓄積型受光素子群を有するメイン受光部であるラインセンサー10と、前記 $\lambda 2$ (820nm)の2次光である $\lambda 4$ (820nm)付近の光量を電荷量として読み出すことができるように一端に受光窓11Aを位置させたオプティカルファイバー(光ファイバー)11とを備え、このオプティカルファイバー11の他端を前記ラインセンサー10の最初の読み込み画素(0)付近に導き、サンプル用受光部11Bとしてサンプル光を得るようにしている。図1に示す12は、光電式の投光部13からの光を受光するための光電式の受光部であり、投光部13からの光がベルトコンベア14により移送されてきた青果物5により遮られることにより、青果物5が所定位置まで移動したことを確認できるようにしている。又、図1に示す15は、ベルトコンベア14の回転速度等を検出するためのロータリエンコーダであり、このロータリエンコーダ15の検出パルス数及び前記光電式の投受光部12, 13での青果物5の遮光時間に基づいてベルトコンベア14の搬送速度、青果物5のサイズ、青果物5の読み込みタイミング、ラインセンサー10の露光時間等を得るため、ロータリエンコーダ15及び光電式の投受光部12, 13(これら両者を後述のコンベア速度青果物サイズ計測ユニットと称

する)からの検出信号を後述するCPU1、2に与えている。図2に示す29は、リファレンス及びオフセット用の開閉アクチュエータである。前記のように青果物5を透過した透過光Lの他、回り込みによる光L1や青果物を反射した光、又は散乱した光等が前記集光レンズ6に取り込まれることになる。図2に示すNは、前記サンプル用受光窓11Bの受光位置を調整するための調整ねじである。

[0020] 前記ラインセンサー10の最初の読み込み画素データの値から最大値を揃えるのに必要なレベル(基準値)を算出し、サンプル用受光部の画素(0、1、2、3)以降のメイン受光部の画素(4、5…、n)に対して画素単位でゲイン補正を加え、順次画素毎のゲインを可変ゲイン型指数増幅回路にセットする。

[0021] 図5(a)は、図2のサンプル用受光部にオプティカルファイバー11を使用し、電荷蓄積型ラインセンサー10自体にサンプル光を導いている受光部の平面図である。

前記ラインセンサー10の画素(0、1、2…)を複数個用いることにより、光学的精度に余裕を得ることができると共に、複数個の画素信号を平均すること等により、信号のS/N比を上げることができる。

図5(b)のように他のホトダイオードDを使用するものに比べ、電荷-電圧変換回路の追加、及びそれに伴う補正等を考慮する必要がなく、構成が非常に簡単になる利点がある。

[0022] 又、図5(b)は、オプティカルファイバーと同様に前記 λ 4(820nm)付近の光が入射されるようホトダイオードDを配置した受光部の平面図である。この部品配置構成とした場合、サンプル用受光窓であるホトダイオードDの電荷-電圧変換増幅回路等が必要になるが、ラインセンサー上にオプティカルファイバーの取り付け工程を省くことができる。更に、 λ 4(2次光)のホトダイオードDにおける受光位置はラインセンサー10の設置位置と近接しており、図2に示すように、これらを共にペルチェ素子16から熱伝導板17を通して温度調節している温度制御ブロックへと組み込むことができるのである。

図2に示す16Aは、前記ペルチェ素子16の放熱を行うための放熱フィンである。

前記 λ 4(2次光)を用いることにより、820nmのバンドパスフィルターを強いて必要としない非常に合理的な構成となるが、必要に応じ0次光を用いてもよい。

当然オプティカルファイバーを複数回線用いたり、ホトダイオードDをホトダイオードアレイにして任意の波長を選択したりする方式、あるいは外部からオプティカルファイバー11の入射光部、ホトダイオードDを任意の位置に移動する機構を持つもの、その双方を兼ね備えた方式も考えられる。

また、センサーにエリアセンサーを使用して同じ次光上等で目的を達成することも考えられる。

[0023] 次に、図3に示す分光光度計のブロック図について説明する。

前記ラインセンサー10の画素(ホトダイオード)の並びは回折格子9によって分光されたスペクトルに対応しており、画素(0)より画素(511)まで短波長から長波長側に位置している。そして、各スペクトルに対応した電荷を蓄積するための電荷蓄積型受光素子群18並びに前置増幅器及びセンサー駆動回路19を設けている。CPU1、2により電荷蓄積時間、読み込みタイミングが制御され、又、CPU1、2からのクロックパルスに同期して蓄積電荷に比例したアナログ信号が出力される。サンプル用受光部11としてホトダイオード型を用いた場合、前記回路19と同様な回路とラインセンサーとを切り替えるためのスイッチ回路が必要になる。本ブロック図では、前述のようにサンプル用受光部として、画素(0、1、2、3)付近にオプティカルファイバー11の一端が取り付けられており、他端は回折格子9の2次光上で被測定物の最も透過光量の多い波長の位置に取り付けられている。

図3に示すコンベア速度青果物サイズ計測ユニット20により得られた信号を元に、CPU1、2により青果物のサイズ(寸法)とベルトコンベア14の速度を算出する。これにより有効電荷蓄積時間を設定して、青果物の最適読み込み位置が光軸に到達した時点からラインセンサー10が電荷蓄積を開始する。

図3に示す21は、アクチュエータ29により光学的にターゲット、オフセット、リファレンスの三要素を切り替えるための切り替えユニットであり、その位置検出部と駆動部をCPU1、2が連繫し、必要に応じて三要素の中の一つを選ぶことができるようになっている。実際の運転では青果物の大きさ及び間隔が不規則にベルトコンベア14上を移動する。青果物の移動速度、間隔状態に応じ、その間隔を縫って分光光度計の光学的なリファレンス(NDフィルター)、オフセット(遮光)の計測を行っている。

図3に示す22は、図2に示す温度センサー23によりペルチェ素子の温度を監視し、CPU1、2によりPID温度制御を行い、センサー部温度を適切な温度にコントロールするためのセンサー部温度調節部である。

図3に示す18は電荷蓄積型受光素子群であり、メイン受光部に電荷蓄積型のラインセンサー(電流出力型)を用い、サンプル受光部としてはホトダイオードに逆バイアス電圧を与えて電荷蓄積型としたものを用いた。

図3に示す19は、前置増幅器及びセンサー駆動回路であって、CPU1、2の信号によりセンサー部を駆動し、その駆動タイミングは零点補償回路と同期している。この場合、センサー駆動回路は電荷-電圧変換回路を内蔵した形となっている。

図3に示す24は、CPU1、2からのデータを図示していないD/A変換器によりアナログ電圧に変換し、電圧制御指数増幅器のゲインコントロール入力端子に与え、所定のゲインを得るためのデジタル制御指数増幅回路(可変ゲイン型指数増幅回路又は単にゲインアンプという)であり、後述のA/D変換器26からのデジタル信号に基づいてデジタル制御指数増幅回路24に、CPU1、2からのデジタル指令により、ゲインを設定する。またゲインの底である G_M (最大ゲイン)の値も設定している。

図3に示す25は、電気信号系の0を意味するためのベースラインを設定し、前記回路19、24で増幅され信号同期パルスに同期したアナログ信号の直前の値をベースラインに固定するための零点(0ライン)補償回路であり、クランプ及びフィルター回路からなる。

図3に示す26は、前記零点補償回路25で再生されたアナログ信号をデジタルに変換するためのA/D変換器であり、入力部にサンプルホールド機能を持っている。

図3に示す27は、CPU1、2との共有メモリーにCPU1、2からの制御タイミングでA/D変換器26のデータ、ゲインアンプ24の設定値(指数値)、青果物のサイズ及び露光時間が書き込まれ、その格納されたデータから必要な信号処理演算を行い、重回帰解析、P・L・S解析等により、糖、酸、その他の判定を行い、出力するためのコンピュータである。

図3に示す28は、オンライン型の分光光度計として主たるコントロールを行うためのCPU1及びCPU2を備えた中央処理装置であり、サンプル用受光部からのアナログ

電圧を、予め設定された一定ゲイン(被測定物の分析に必要となる特定の波長又は特定の波長域における波長特性の最大点が飽和しないことが明らかな低いゲイン)に設定された前記可変ゲイン型増幅回路24にて増幅し、その増幅されたアナログ電圧を、前記零点補償回路25を経て読み、得られたアナログ電圧を前記A/D変換器26にてA/D変換し、そのデジタル変換されたデジタル値と予め定めた基準値(前記メイン受光部から読み込んで最終的に得られ、かつ、被測定物の分析に必要となる波長又は波長域における波長特性の最大点が飽和することがなく、更に、デジタル値の有効桁数を減じないような最適値となるように定めた値)とをデジタル比較演算するデジタル比較演算手段と、前記デジタル比較演算手段からの演算結果、つまりA/D変換器26からのデジタル値と基準値とがほぼ一致するように、換言すればA/D変換器26からのデジタル値が計測可能な有効桁数を確保するために必要なアナログレベルにするように前記可変ゲイン型増幅回路24のゲインを設定するゲイン設定手段と、前記メイン受光部に蓄積された電荷群を、画素単位で順次、前記前置増幅器及びセンサー駆動回路19、前記可変ゲイン型増幅回路24、前記零点補償回路25、前記A/D変換器26を経てデジタルデータとして読み出すデジタルデータ読み取り手段を備えている。

産業上の利用可能性

- [0024] 本発明の分光光度計は、搬送されてくる青果物の糖度や酸度等を測定するために特に有利であるが、例えばジャガイモや玉ねぎなどの内部性状を測定する場合にも適応することができる。

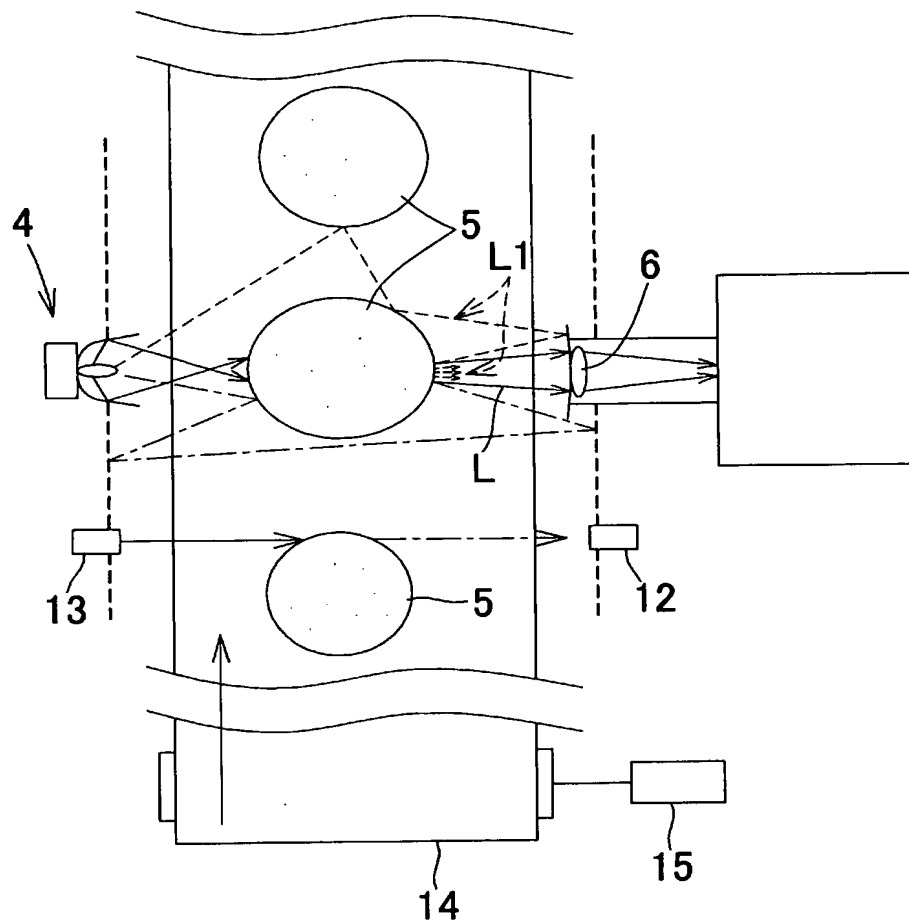
請求の範囲

- [1] 光を照射する光照射手段と、この光照射手段からの照射光のうち、被測定物を透過して回折格子等の分光器により分光され入射してきた光を波長毎に受光し、電荷量に変換して蓄積するための電荷蓄積型受光素子群を有するメイン受光部と、前記分光され入射してきた光を電荷量として蓄積し、特定の波長、又は特定の波長域の電荷を読み出すためのサンプル用受光部と、前記メイン受光部及びサンプル用受光部の前置増幅器及び駆動回路と、デジタル指令によりゲインの可変が可能な可変ゲイン型増幅回路と、前記メイン受光部及びサンプル用受光部の画素に蓄積された電荷を順次読み込む直前で全ての増幅系の零点を順次取るためにアナログ回路部の少なくとも最終段付近に設けた零点補償回路と、この零点補償回路からのアナログ電圧をデジタル値に変換するためのA/D変換器を備え、計測時において前記メイン受光部及びサンプル用受光部に蓄積された電荷を読むに当たって、まず前記サンプル用受光部からのアナログ電圧を、特定の波長又は特定波長域における波長特性の最大点が飽和しないことが明らかな低いゲインに設定された前記可変ゲイン型増幅回路にて増幅し、その増幅されたアナログ電圧を、前記零点補償回路を経たのち前記A/D変換器にてA/D変換し、そのデジタル変換されたデジタル値と前記メイン受光部から読み込んで最終的に得られ、かつ、必要となる波長又は波長域における波長特性の最大点が飽和することがなく、更に、デジタル値の有効桁数を減じないような最適値となるように予め定めた基準値とをデジタル比較演算するデジタル比較演算手段と、このデジタル比較演算手段からの演算結果に基づいて前記可変ゲイン型増幅回路のゲインを設定するゲイン設定手段と、当該ゲイン設定手段により前記可変ゲイン型増幅回路に当該ゲインを設定した後、前記メイン受光部に蓄積された電荷群を、画素単位で順次、前記前置増幅器及び駆動回路、前記可変ゲイン型増幅回路、前記零点補償回路、前記A/D変換器を経てデジタルデータとして読み出して波長特性を得るためのデジタルデータ読み取り手段を備えてなる分光光度計。
- [2] 前記サンプル用受光部として、回折格子の特定次光域に入光窓を被測定物の透過光量特性の最大値付近の特定波長が入光するように配置し、電荷蓄積型受光素

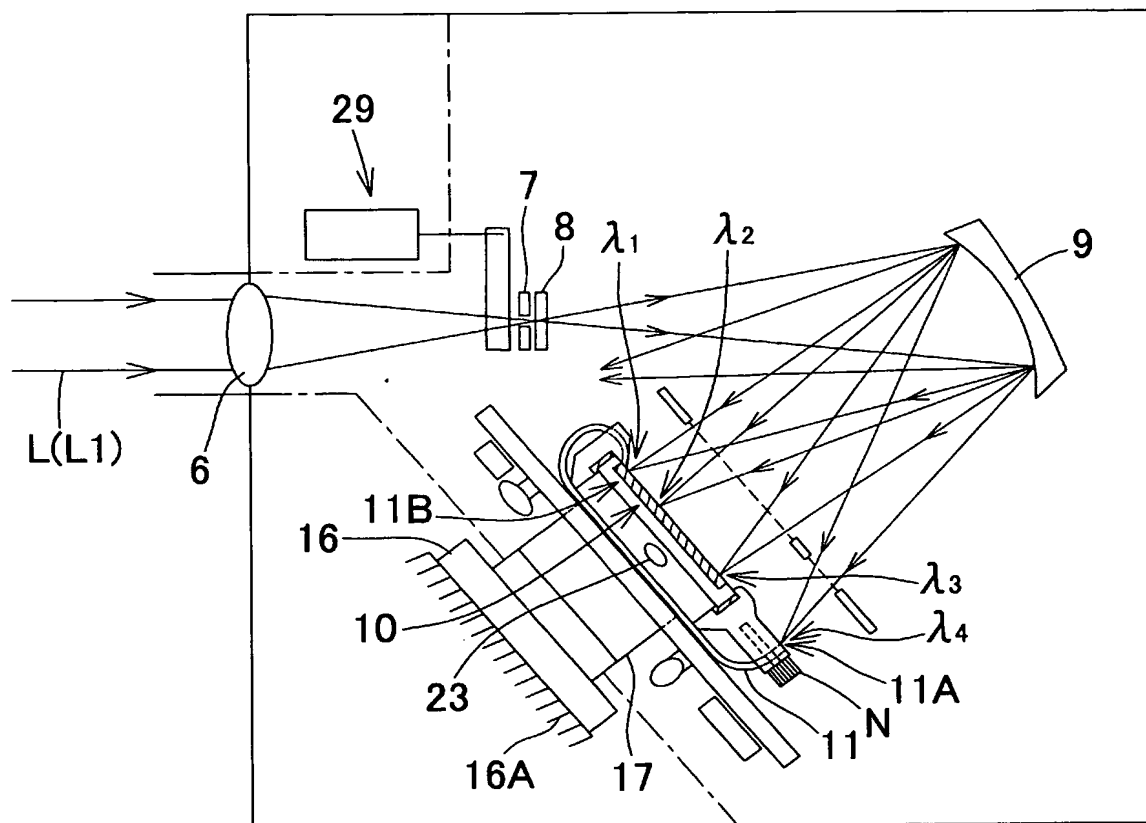
子群の読み始めの画素位置付近にオプティカルファイバーで光を導く手段、又は回折格子の特定次光域の入光窓の位置にホトダイオード又はホトダイオードアレイを設置してなる請求項1記載の分光光度計。

- [3] 前記可変ゲイン型増幅回路に指数型を用い、前記A/D変換器の値を仮数部とし、前記可変ゲイン型指数増幅回路を指数部(その回路の最大ゲインを底、その指数を設定値)として、透過光量を仮数部×指数部で表してなる請求項1記載の分光光度計。
- [4] 前記メイン受光部の読み込み中に、前記サンプル用受光部より得られた値と基準値の比較演算を行うに際し、画素単位補正関数を含めた演算処理を行い、全ての画素の読み込みに対し逐次前記可変ゲイン型増幅回路に前記演算結果を設定することにより、画素単位のゲイン補正を行うことを特徴とする請求項1記載の分光光度計。

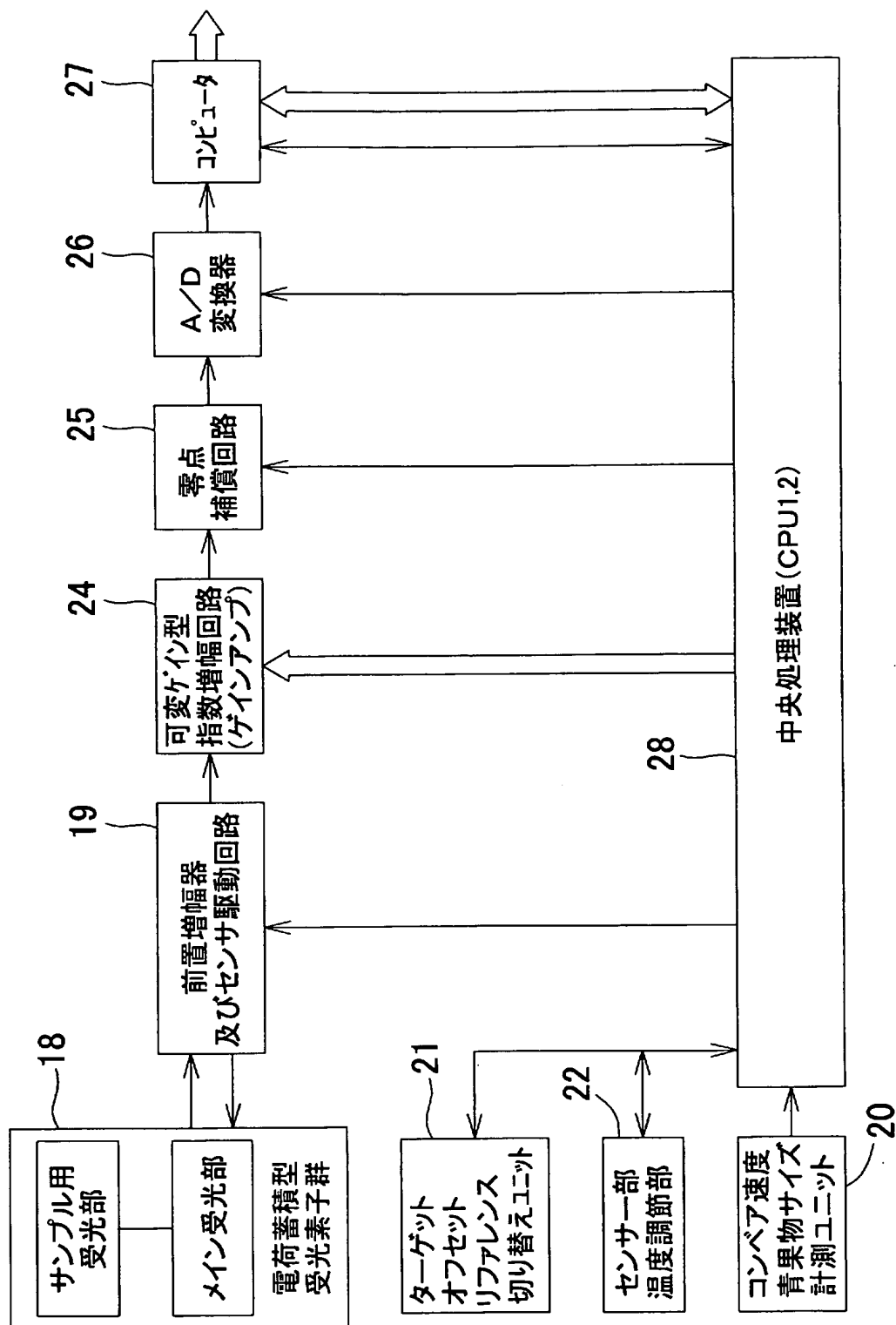
[図1]



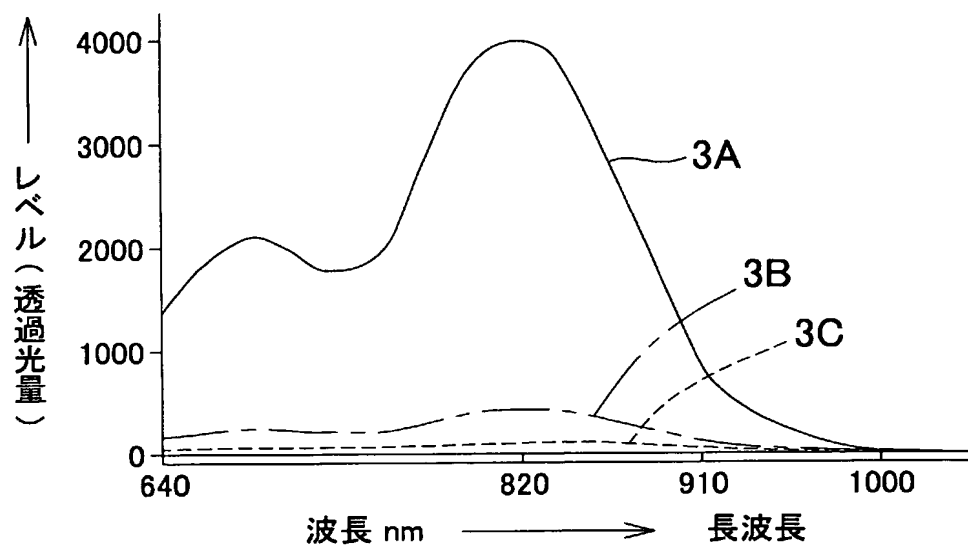
[図2]



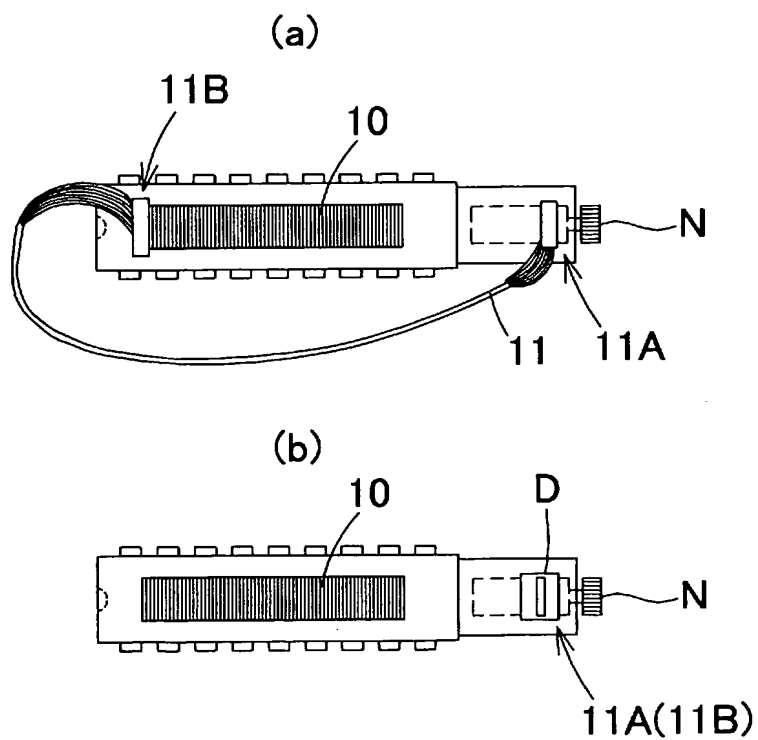
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01J3/36, G01N21/27

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01J3/00-3/52, G01N21/00-21/61

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-98636 A (Kubota Corp.), 05 April, 2002 (05.04.02), Par. Nos. [0022], [0028] to [0037]; Fig. 6 (Family: none)	1-4
Y	JP 55-126834 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 01 October, 1980 (01.10.80), Page 2, lower right column, line 14 to page 4, upper left column, line 10; Fig. 3 (Family: none)	1-4
Y	JP 59-19839 A (Hiroyasu FUNAKUBO), 01 February, 1984 (01.02.84), Page 2, lower left column, line 13 to lower right column, line 4 (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 November, 2004 (30.11.04)

Date of mailing of the international search report
14 December, 2004 (14.12.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015899

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 63-201538 A (Nippon Bunko Kabushiki Kaisha), 19 August, 1988 (19.08.88), Page 4, lower right column, lines 10 to 18; page 6, upper left column, line 1 to upper right column, line 5; Figs. 1, 3 (Family: none)	3
Y	JP 64-72016 A (Minolta Camera Co., Ltd.), 16 March, 1989 (16.03.89), Page 2, upper left column, line 13 to upper right column, line 1 (Family: none)	4
A	JP 6-300628 A (The Perkin-Elmer Corp.), 28 October, 1994 (28.10.94), Par. Nos. [0008] to [0051] & EP 615115 A2 & US 5412468 A & CA 2115856 C	1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01J3/36, G01N21/27

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01J3/00-3/52, G01N21/00-21/61

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-98636 A (株式会社クボタ) 2002.04.05 段落【0022】，【0028】-【0037】，第6図 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 55-126834 A (東京芝浦電気株式会社) 1980.10.01 第2頁右下欄第14行-第4頁左上欄第10行，第3図 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 59-19839 A (舟久保照康) 1984.02.01 第2頁左下欄第13行-右下欄第4行 (ファミリーなし)	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.11.2004

国際調査報告の発送日

14.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
高場 正光

2W 2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 63-201538 A (日本分光株式会社) 1988.08.19 第4頁右下欄第10行-第18行, 第6頁左上欄第1行-右上欄第5行, 第1, 3図 (ファミリーなし)	3
Y	JP 64-72016 A (ミノルタカメラ株式会社) 1989.03.16 第2頁左上欄第13行-右上欄第1行 (ファミリーなし)	4
A	JP 6-300628 A (ザ パーキン-エルマー コーポレーション) 1994.10.28 段落【0008】-【0051】 & EP 615115 A2 & US 5412468 A & CA 2115856 C	1